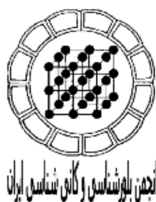
مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران



سال بیست و سوم، شمارۀ سوم، پاییز ۹۴، از صفحۀ ۴۲۹ تا ۴۴۲

بررسی‌های کانی‌شناختی توده‌های نفوذی و منطقه‌های دگرسان آن با داده‌های ژئوشیمیایی در کانسار مس گزو، جنوب‌غرب دیهوک

امیر مهدوی[1]، محمدحسن کریم‌پور[2*]، محمدرضا حیدریان شهری[2]، آزاده ملک‌زاده شفارودی[2]

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲ - گروه پژوهشی اکتشافات ذخایر معدنی شرق ایران، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

(دریافت مقاله: ۹۳/۳/۲، نسخه نهایی: ۹۳/۶/۱۰)

چکیده: کانسار مس گزو در مرز دو بلوک طبس و لوت و در ۶۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان طبس و ۱۵ کیلومتری جنوب‌غربی دیهوک قرار دارد. سنگ‌شناسی غالب در منطقه را واحدهای دولومیت شتری و شیل و ماسه‌سنگ شمشک تشکیل می‌دهند. توده‌های نفوذی، غالباً با ترکیب حدواسط از گستردگی و تنوع بالایی در منطقه برخوردارند و ترکیب آن‌ها شامل دیوریت، مونزونیت، کوارتز مونزونیت تا گرانیت است. این توده‌ها از نظر کانی‌شناسی دارای کانی‌های کوارتز، پلاژیوکلاز، پتاسیم فلدسپات، هورنبلند و کمی بیوتیت و پیروکسن هستند. کانی‌های فرعی عبارتند از آپاتیت و زیرکن. دگرسانی‌های اصلی موجود در این منطقه عبارتند از: کوارتز- سرسیت- پیریت، سیلیسی- کربنات، پروپیلیتیک و اسکارنی شدن. کانی‌های اصلی ثانویه عبارتند از: سرسیت، کوارتز، کربنات، کلریت، اپیدوت و مجموعه کانی‌های آهک سیلیکاتی مانند گارنت، ولاستونیت، ایدوکراز و .... در مساحتی بالغ بر ۷۰ کیلومتر مربع، منطقه‌های کانی‌ساز و دگرسان حداقل در چهار نقطه GA.III-GA.II-GA.I و GA.IV قابل مشاهده‌اند. کانی‌سازی بیشتر به‌شکل افشان، داربستی و به میزان کمتر برش گرمابی دیده می‌شود. کانی‌های اولیه شامل پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، باریت و کانی‌های ثانویه شامل کالکوزیت، کوولیت، کوپریت، مالاکیت، کریزوکلا، آتاکامیت و فیروزه است. با توجه به‌حضور انواع توده‌های نفوذی حدواسط تا اسیدی، نوع و گسترش دگرسانی، نوع و شکل کانی‌سازی و نیز داده‌های ژئوشیمی، این کانسار به‌عنوان نخستین کانه‌زایی مس پورفیری و اسکارن وابسته به آن در بلوک طبس شناخته می‌شود.

واژه‌های کلیدی: *کانسار گزو؛ بلوک طبس؛ مس پورفیری؛ کانی‌سازی افشان؛ کانی‌سازی داربستی.*

مقدمه

کانسارهای مس پورفیری معمولاً در منطقه فرورانش حاشیه‌ی قاره یا جزایر قوسی تشکیل می‌شوند [۱-۳]. اما بررسی‌های جدید نشان می‌دهد که همه‌ی پورفیری‌ها به‌منطقه فرورانش وابسته نیستند و برخی از آن‌ها در برخوردگاه قاره‌ای و منطقه‌های گسلی انتقالی داخل قاره‌ای تشکیل شده‌اند [۴-۷]. همچنین [۸] نیز شواهدی از کانی‌سازی مس پورفیری در محیط کششی آتشفشان‌های پشت قوسی Iuz-Bonin ژاپن گزارش کرده‌اند.

منطقه‌های دگرسان گسترده، بافت‌های داربستی و افشان و درصد کمی سولفیدها از دیگر ویژگی‌های این ذخایر محسوب می‌شوند [۹،۱۰] این کانسارها معمولاً به‌صورت خطی، کمربندهایی با طول صدها کیلومتر را می‌سازند [۱۱]. انسارهای مس پورفیری به‌عنوان بزرگترین معادن مس جهان [۱۲] اهمیت به‌سزایی در تأمین منابع مس جهان و نیز ایران دارند. وجود کانسارهای متعدد پورفیری در ایران مانند کانسارهای سرچشمه [۱۳،۱۴]، میدوک [۱۵] ، دالی [۱۶]، سونگون [۱۷] در پهنه‌ی ارومیه دختر و نیز کانسارهای ماهرآباد و خوپیک

* نویسنده مسئول، تلفن:۰۵۱۳۸۸۰۴۰۵۱، نمابر: ۰۵۱۳۸۷۹۶۴۱۶، پست الکترونیکی: karimpur@um.ac.ir

[۱۸]، چاه شلغمی [۱۹]، ده‌سلم [۲۰] در بلوک لوت، نشان دهنده‌ی احتمال بالای کانه‌زایی این نوع کانسارها در ایران است. منطقیه پی‌جویی گزو در ۱۵ کیلومتری جنوب‌غربی دیهوک و در استان خراسان جنوبی واقع شده است (شکل ۱). این کانسار از لحاظ تقسیمات ساختاری در مرز دو بلوک لوت و طبس، در شرق بلوک طبس و در پایانه جنوبی رشته کوه‌های شتری قرار گرفته است. بلوک طبس از شرق به‌وسیله‌ی گسل نایبند و از سمت غرب با گسل کلمرد– کوهبنان محصور شده است [۲۱]. این بلوک از پایان مزوزوییک به‌سبب عملکرد تنش‌های زمین‌ساختی همگرا در راستای بیشتر شرقی-غربی، با خروج زمین‌ها و بالاآمدگی کوه‌ها به خشکی تبدیل شده است [۲۲]. بر خلاف بلوک لوت که حجم فعالیت آذرین درون آن بسیار بالاست، گستردگی فعالیت آذرین، مخصوصاً سنگ‌های درونی و نیمه عمیق در بلوک طبس کم بوده و به بخش‌های شمال‌شرقی آن محدود می‌شود. فعالیت‌های ماگماتیسم در این بخش از بلوک طبس موجب کانه‌زایی مس در منطقه گزو شده است. [۲۳] به حضور این توده‌ها و ارتباط آن‌ها با کانه‌زایی مس اشاره کردند. [۲۴] سن توده‌های گرانیتوئیدی منطقه را کرتاسه فوقانی تعیین کرده است.

علی‌رغم گستردگی و تنوع توده‌های نیمه‌عمیق و نیز وجود شواهد کانی‌سازی گسترده، بررسی جامعی روی این منطقه صورت نگرفته است. در این پژوهش سعی شده است که نخست گستردگی و نوع واحدهای سنگی در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ بررسی و سپس با بررسی منطقه‌های دگرسان و داده‌های ژئوشیمی رسوب‌های آبراهه‌ای نواحی مستعد کانه‌زایی مشخص شود. همچنین در این مقاله، دگرسانی و منطقه‌بندی آن‌ها، کانی-سازی، خصوصیات ژئوشیمیایی سطحی و زیرسطحی و وابستگی آن با دگرسانی و کانی‌سازی در منطقه GA.I مورد بررسی قرار گیرد.

روش مطالعه

به منظور دست‌یابی به اهداف مورد نظر، بررسی‌های زیر صورت پذیرفته است:

۱- بررسی حدود ۱۲۰ مقطع نازک و نازک صیقلی.

۲- تهیه‌ی نقشه‌ی زمین‌شناسی رقومی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ از منطقه‌ای به وسعت ۷۰ کیلومتر مربع با تأکید ویژه بر شناسایی توده‌های نفوذی و گسترش آن‌ها در منطقه.

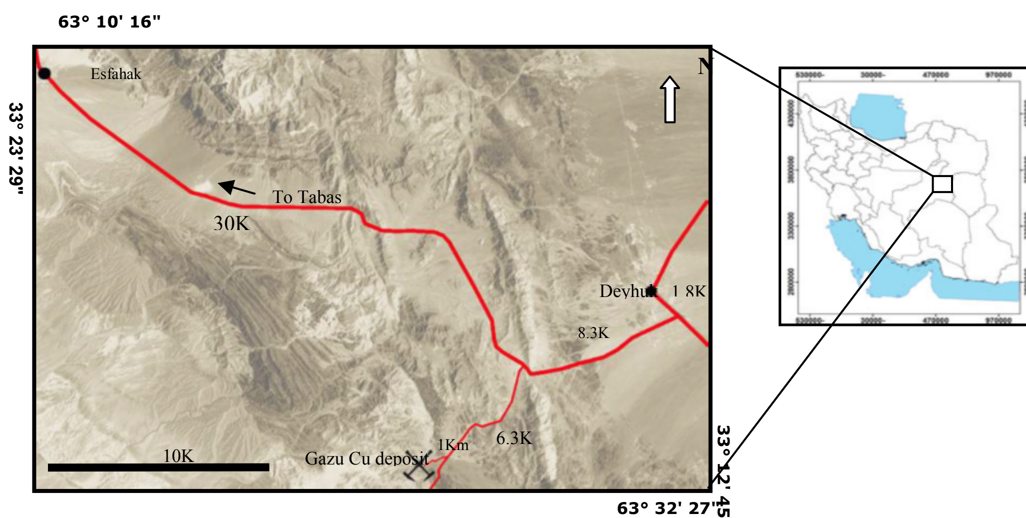
۳- تهیه‌ی نقشه‌ی زمین‌شناسی رقومی با مقیاس ۱:۱۰۰۰ در گستره مستعد کانه‌زایی به وسعت ۴ کیلومتر مربع.

۴- تهیه‌ی نقشه دگرسانی و کانی‌سازی رقومی با مقیاس ۱:۱۰۰۰ در منطقه‌ای به وسعت ۴ کیلومتر مربع برای شناسایی توده‌های نفوذی دگرسان، گسترش دگرسانی و تغییرات سنگ کربناتی در مجاورت و دور از توده‌های نفوذی.

۵- بررسی تغییرات پذیرفتاری مغناطیسی توده‌های موجود در منطقه‌ی پی‌جویی گزو.

۶- بررسی و تفسیر داده‌های ژئوشیمیایی رسوب‌های آبراهه‌ای حاصل از برداشت‌های سازمان زمین‌شناسی و پی‌جویی‌های معدنی کشور و مقایسه‌ی آن با نقشه‌ی زمین‌شناسی، دگرسان و بررسی‌های کانی‌سازی.

۷- تفسیر داده‌های ژئوشیمیایی نمونه‌های برداشت شده به روش خرده سنگی به‌وسیله‌ی شرکت کانیران [۲۵] به کمک اطلاعات زمین‌شناسی، دگرسانی و کانی‌سازی.

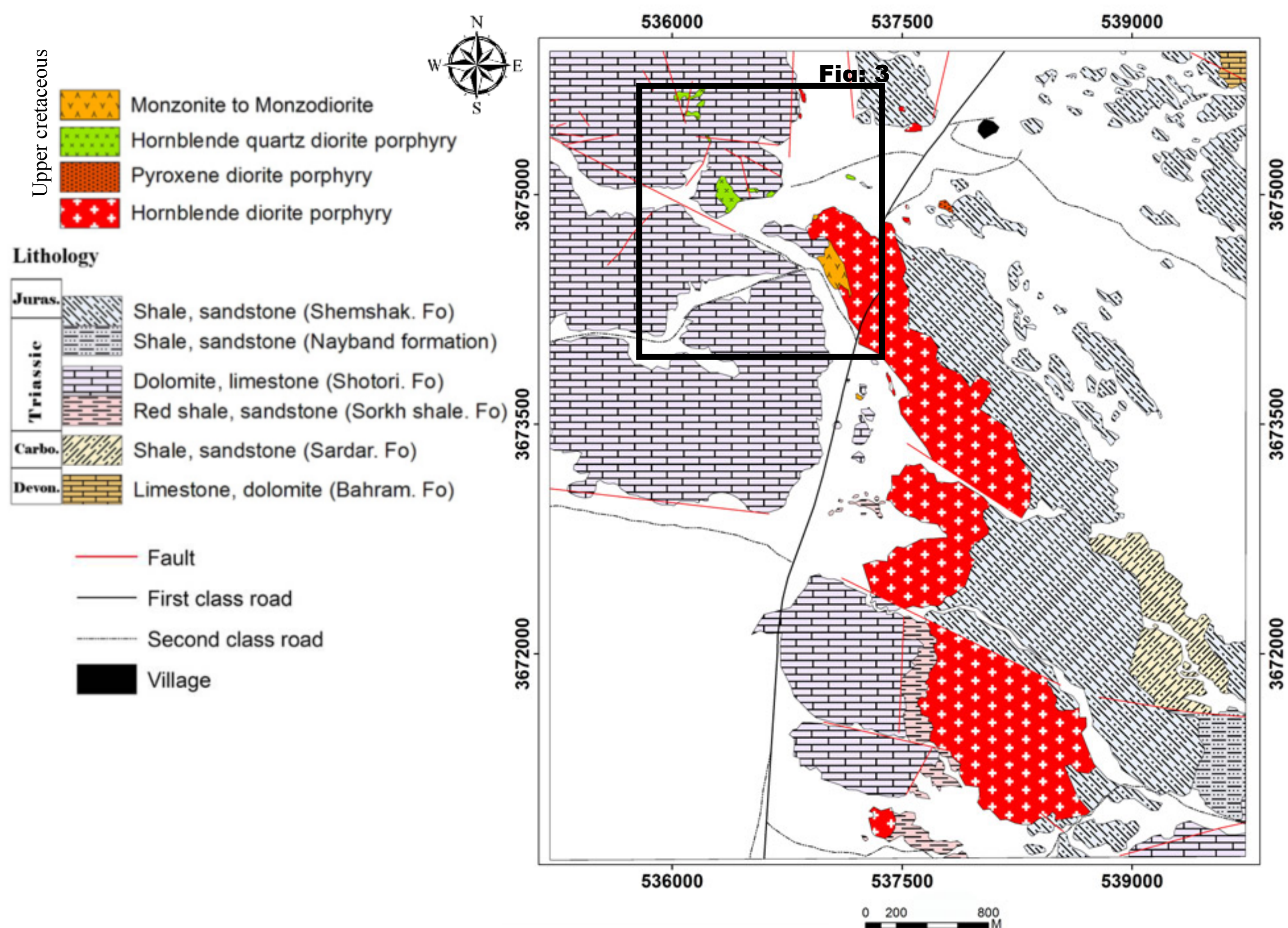


شکل ۱ موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به‌منطقه‌ی مورد بررسی.

زمین‌شناسی

منطقه‌ی پی‌جویی گزو از لحاظ زمین‌شناسی ناحیه‌ای در برگه ۱:۲۵۰۰۰۰ بشرویه [۲۶] واقع شده است. این منطقه به‌دلیل قرار گرفتن در پایانه‌ی جنوبی رشته کوه‌های شتری، غالباً متشکل از واحدهای رسوبی با سن دونین تا ژوراسیک است. در گستره‌ی مورد بررسی این واحدها از قدیم به جدید عبارتند از (شکل ۲): ۱- آهک و دولومیت سازند بهرام (دونین) ۲- شیل و ماسه‌سنگ سازند سردر (کربونیفر) ۳- شیل با میان‌لایه‌هایی از ماسه‌سنگ سازند سرخ شیل (تریاس تحتانی) ۴- دولومیت شتری به‌سن تریاس میانی ۵- شیل و ماسه‌سنگ شمشک (تریاس فوقانی تا ژوراسیک تحتانی) همراه با میان‌لایه‌هایی از زغال‌سنگ که گستردگی زیادی در نیمه‌ی شرقی منطقه دارد و ۶- شیل و ماسه‌سنگ سازند نایبند به‌سن ژوراسیک تحتانی.

توده‌های نفوذی در منطقه‌ی پی‌جویی گزو دارای گستردگی زیادی بوده و با روند عمومی شمالی- جنوبی تا شمال‌غرب- جنوب‌شرق درون واحدهای دولومیت سازند شتری و شیل و ماسه‌سنگ سازند شمشک نفوذ کرده‌اند (شکل۲). این در حالی است که در نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ بشرویه، اشاره‌ای به‌حضور این توده‌ها در منطقه نشده و بررسی‌های دقیقی برای بررسی گستردگی آن‌ها صورت نگرفته است. ترکیب این توده‌ها، مونزونیت تا دیوریت بوده که در برخی مناطق با پیریت پراکنده دانه همراهند. پذیرفتاری مغناطیسی روی ۴۰ نمونه از توده‌های تقریباً نادگرسان در منطقه‌ی مورد بررسی اندازه‌گیری شد. دامنه‌ی تغییرات پذیرفتاری مغناطیسی این توده‌ها بین 140×10^{-5} SI تا 1320×10^{-5} SI است که بر اساس [۲۷] بیانگر سری مگنتیت (نوع اکسیدان) است.



شکل ۲ نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی پی‌جویی گزو. گستره‌ی مستعد کانه‌زایی که نقشه‌ی بزرگ مقیاس آن روی شکل نشان داده شده است.

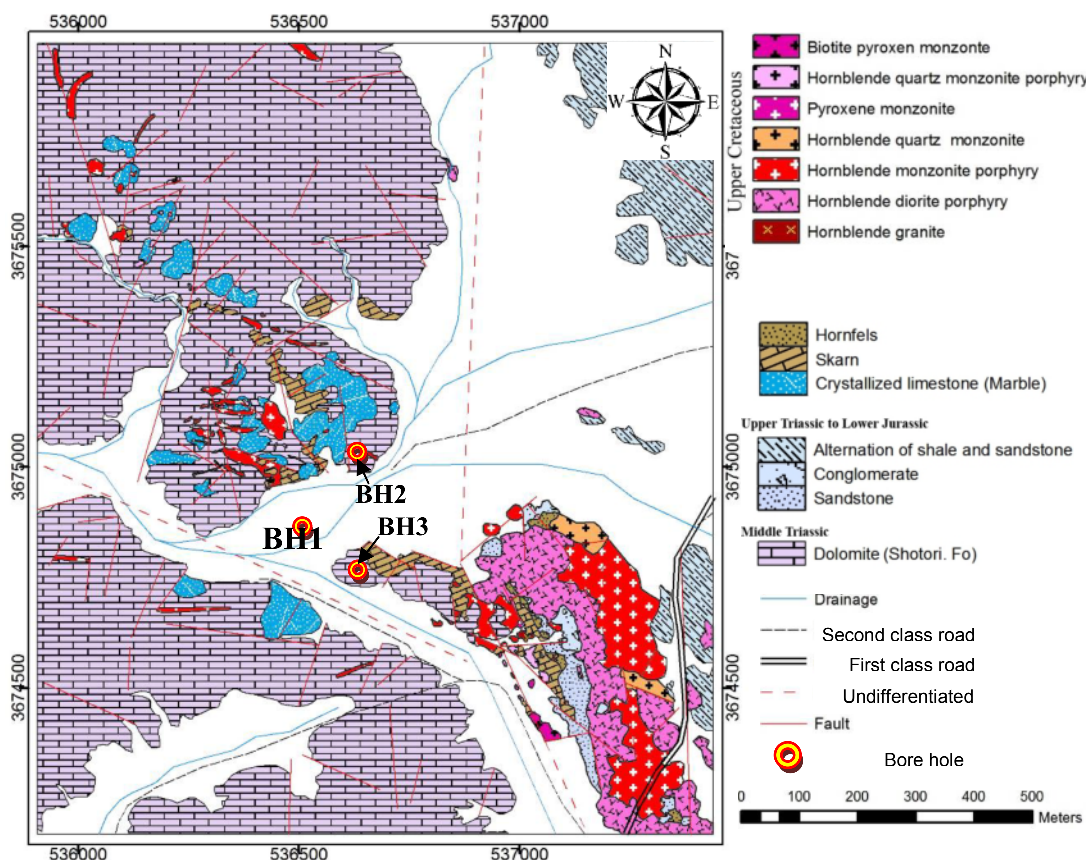
زمین‌شناسی و سنگ نگاری توده‌های نفوذی منطقه‌ی معدنی

بر اساس بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی انجام شده، و با برداشت ۱۲۷ نمونه و تهیه ۱۰۵ مقطع نازک، نقشه‌ی زمین‌شناسی بزرگ مقیاس منطقه‌ی معدنی گزو تهیه شد که در آن واحدهای زمین‌شناسی در سه گروه ۱- سنگ‌های رسوبی ۲- توده‌های نفوذی و نیمه‌عمیق و ۳- واحدهای دگرگونی همبری قابل بررسی‌اند (شکل ۳).

سنگ‌های رسوبی منطقه

واحد دولومیت شتری: سازند دولومیتی شتری، معرف سنگ‌های دولومیتی تریاس میانی ایران مرکزی است که از دولومیت‌های لایه‌لایه‌ی خاکستری، ریزدانه و متراکم تشکیل شده است. این واحد در برابر هوازدگی مقاوم بوده و فرسایش‌پذیری آن ناچیز است. به‌همین رو بسیاری از بلندی‌های کوه شتری در شرق بلوک طبس و نیز ارتفاعات منطقه‌ی مورد بررسی را تشکیل می‌دهد. دولومیت شتری، گسترده‌ترین واحد موجود در منطقه‌ی معدنی به شمار می‌رود که بخش گسترده‌ای از توده‌های نفوذی و نیز دایک‌های موجود در منطقه به درون آن نفوذ کرده‌اند (شکل۳). در اثر عملکرد این توده‌ها بخش‌هایی از این واحد به اسکارن تبدیل شده‌اند (شکل ۴).

شیل و ماسه‌سنگ شمشک: سازند شمشک شامل مجموعه‌ای از ماسه‌سنگ، سیلتستون، شیل و رس است [۲۸]. این سازند در منطقه از دو بخش تشکیل شده است: اول بخش ماسه‌سنگی که شامل ماسه‌سنگ میان‌دانه و ساب گریواک، سیلتستون میکادار، شیل آمونیت‌دار همراه با فسیل‌های دوکفه‌ای، مرجان و آثار گیاهی است. دوم بخش زغال‌دار فوقانی که شامل شیل رسی همراه با رگه‌های زغال‌سنگی است [۲۸]. معدن متروکه زغال‌سنگ در شمال شرق روستای گزو در این واحد قرار دارد. این سازند دارای گستردگی زیادی در منطقه بوده و به سه صورت تناوب شیل و ماسه‌سنگ در شرق، ماسه‌سنگ و کنگلومرا در جنوب شرق بیرون زدگی دارد. در همبری این مجموعه با سازند شتری نفوذ توده‌های نفوذی و نیمه عمیق را شاهد هستیم. این توده‌ها در شمال منطقه‌ی معدنی به‌صورت سیل بیرون زدگی دارد.



شکل ۳ نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی معدنی گزو.



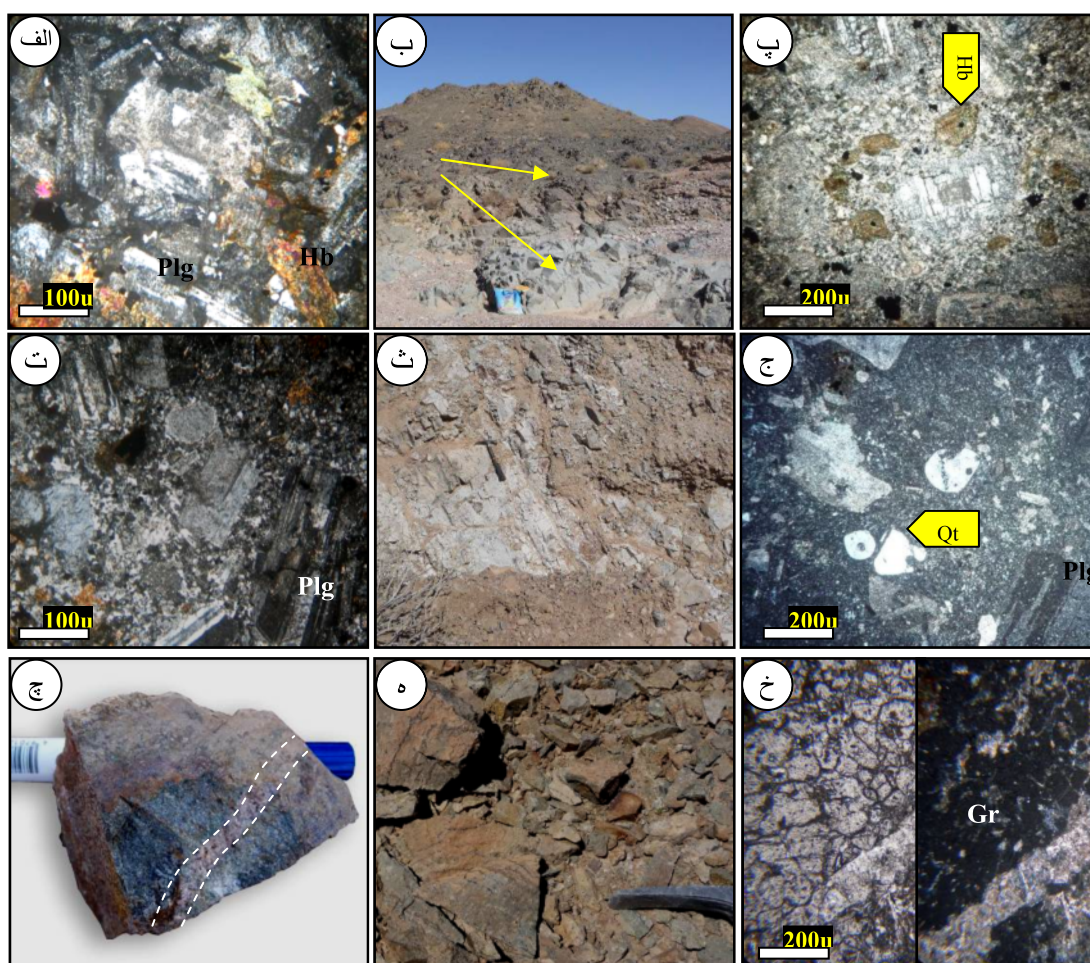
شکل ۴ نمایی از رخنمون واحدهای سنگی و ارتباط آن‌ها با یکدیگر. Hbl-Mon) هورنبلند مونزونیت پورفیری، Hbl-Gr) هورنبلند گرانیت، Skn) اسکارن، Hrnf) هورنفلس، san & con) ماسه‌سنگ و کنگلومرا و Hbl-Dio) هورنبلند دیوریت.

توده‌های نفوذی

به‌طور کلی توده‌های نفوذی و نیمه‌عمیق در منطقه‌ی پی‌جویی گزو دارای گستردگی و تنوع زیادی است و به سه صورت توده‌ای، دایک و سیل، اغلب در مرز دو سازند شتری و شمشک قابل مشاهده هستند. ترکیب این توده‌ها دیوریت، مونزونیت و به مقدار کمتر گرانیتی است بیشترین بیرون زدگی این سنگ‌ها به‌توده‌های هورنبلند مونزونیت پورفیری و هورنبلند دیوریت پورفیری وابسته است. هورنبلند دیوریت پورفیری به‌صورت خطی و با طول ۴/۵ کیلومتر در جنوب روستای گزو ادامه دارد. هورنبلند مونزونیت پورفیری با روند شمال‌غربی- جنوب شرقی دارای بیشترین بیرون‌زدگی در بخش‌های دگرسان و کانه‌دار است (شکل۳). توده‌های نفوذی منطقه عبارتند از:

هورنبلند گرانیت: چند بیرون زدگی کوچک نیز در جنوب‌شرقی منطقه دیده می‌شوند. بافت این سنگ هیپیدیومورف دانه‌ای و میرمکیتی بوده و دارای ۳۰-۲۵ درصد کوارتز، ۲۰ درصد فلدسپات قلیایی، حدود۳۰ درصد پلاژیوکلاز و ۲۰-۱۵ درصد هورنبلند است. اغلب کانی‌های پلاژیوکلاز به سرسیت و بخشی از هورنبلندها به کلریت و به‌مقدار کمتر اپیدوت و کربنات تبدیل شده‌اند. کانی‌های کدر شامل ۲-۱ درصد مگنتیت و حدود ۳ درصد پیریت است (شکل ۵).

هورنبلند دیوریت پورفیری: در مقیاس ناحیه‌ای این واحد با طول ۴/۵ کیلومتر و عرض متوسط ۶۰۰ متر گستردگی زیادی در منطقه دارد. واحد هورنبلند دیوریت پورفیری به‌صورت خطی دارای روند شمالی- جنوبی است که با روند اصلی سیستم گسلی منطقه همپوشانی دارد. از لحاظ سنگ‌نگاری این واحد دارای بافت پورفیری با زمینه‌ی دانه‌ریز تا میان‌دانه است. درصد درشت بلورها در حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد است. کانی‌های درشت بلور شامل ۱۴ تا ۱۸ درصد پلاژیوکلاز (آندزین) تا اندازه‌ی حداکثر ۳-۲ میلیمتر، ۸ تا ۱۲ درصد هورنبلند تا اندازه‌ی حداکثر ۵-۴ میلیمتر، ۳ تا ۴ درصد فلدسپات قلیایی تا اندازه‌ی حداکثر ۰/۵ میلیمتر و ۱تا ۲ درصد کوارتز تا اندازه‌ی حداکثر ۰/۳ میلیمتر است. کانی‌های زمینه شامل پلاژیوکلاز، هورنبلند، فلدسپات قلیایی و کوارتز است. کانی فرعی موجود در این سنگ آپاتیت به میزان کمتر از ۱ درصد تا حداکثر ۰/۳ میلیمتر است. بعضی پلاژیوکلازها سرسیتی و کربناته شده‌اند. هورنبلند بیشتر خودشکل بوده و اغلب کلریتی و اپیدوتی شده است. این واحد دارای ۳-۲ درصد مگنتیت پراکنده بوده و در اکثر موارد آهنربای آویزان را به خود جذب می‌کند (شکل ۵).



شکل۵ الف) تصویر میکروسکوپی از توده هورنبلند گرانیت در نور XPL. ب) نمایی از رخنمون توده‌ی هورنبلند دیوریت پورفیری، پ) تصویر میکروسکوپی توده‌ی هورنبلند دیوریت پورفیری در نور XPL. ت) تصویر میکروسکوپی توده‌ی هورنبلند مونزونیت پورفیری در نور XPL. ث) رخنمون توده هورنبلند کوارتز مونزونیت پورفیری، ج) تصویر میکروسکوپی توده‌ی هورنبلند کوارتز مونزونیت پورفیری با فنوکریست‌هایی از کوارتز خلیجی. چ) توده‌ی هورنبلند مونزونیت پورفیری که با توده‌ی هورنبلند گرانیت قطع شده است. ه) نمایی از اسکارن موجود در منطقه دارای نوارهایی انباشته از گارنت و خ) تصویر میکروسکوپی گارنت اسکارن در دو نور PPL و XPL. Hb) هورنبلند، Qt) کوارتز، Plg) پلاژیوکلاز، Gr) گارنت.

هورنبلند مونزونیت پورفیری: دارای گستردگی زیادی در منطقه‌ی معدنی بوده و بیشترین ارتباط را با واحدهای دگرسان و کانه‌دار دارد. از نظر سنگ‌نگاری دارای بافت پورفیری بوده که درصد کانی‌های درشت بلور آن در حدود ۴۰ درصد است. فنوکریست شامل ۱۸ تا ۲۰ درصد پلاژیوکلاز، ۱۰ تا ۱۲ درصد فلدسپات قلیایی، کمتر از ۵ درصد کوارتز (گاهی دارای بافت خلیجی) و ۷ تا ۸ درصد هورنبلند است. کانی فرعی مشاهده شده بیشتر آپاتیت و به‌مقدار کمتر زیرکن است. اغلب دارای ۲-۱ درصد مگنتیت بوده و در بیشتر موارد کانه‌زایی پیریت و گاهی کالکوپیریت و اسفالریت در آن دیده می‌شود. این واحد با توده هورنبلند گرانیت قطع شده است (شکل ۳ و ۵).

هورنبلند کوارتز مونزونیت پورفیری: علی‌رغم گسترش کم، این واحد دارای پراکندگی زیادی در منطقه‌ی معدنی است. بیرون زدگی‌های متعدد ولی کوچکی از این واحد در جنوب‌شرق، مرکز و شمال‌غرب نقشه‌ی زمین‌شناسی قابل مشاهده‌اند. از لحاظ سنگ‌شناسی دارای بافت پورفیری با زمینه‌ی درشت دانه است که حدود ۶۵-۶۰ درصد آن را فنوکریست تشکیل می‌دهد. فنوکریست متشکل از ۲۵-۲۰ درصد پلاژکلاز، ۱۵

درصد فلدسپات قلیایی، ۵ درصد کوارتز و ۲۰-۱۸ درصد هورنبلند است. آپاتیت به فراوانی قابل مشاهده است (شکل ۵). مونزونیت: که خود متشکل از سه توده‌ی هورنبلند کوارتز مونزونیت در شرق و به مقدار کمتر در مرکز، پیروکسن مونزونیت و بیوتیت پیروکسن مونزونیت در جنوب‌شرق منطقه‌ی معدنی است. هورنبلند کوارتز مونزونیت دارای بافت دانه‌ای با ۴۵-۴۰ درصد پلاژیوکلاز، ۳۵ درصد فلدسپات قلیایی، کمتر از ۱۰ درصد کوارتز و حدود ۱۵ درصد هورنبلند است. این واحد در برخی قسمت‌ها دارای کانه‌زایی پراکنده پیریت و گاهی کالکوپیریت است. پیروکسن مونزونیت با بافت دانه‌ای دارای ۵۵-۵۰ درصد پلاژیوکلاز، ۳۵-۳۰ درصد فلدسپات قلیایی و ۷ تا ۱۰ درصد پیروکسن است. بیوتیت پیروکسن مونزونیت دارای ۴۵ تا ۵۰ درصد پلاژیوکلاز، ۳۰ درصد فلدسپات قلیایی، ۱۵ درصد پیروکسن و ۱۰ درصد بیوتیت بوده که مقدار کوارتز در آن کمی بیشتر از توده‌ی پیروکسن مونزونیت است. این دو واحد تقریباً فاقد دگرسانی هستند.

واحدهای دگرگون همبری

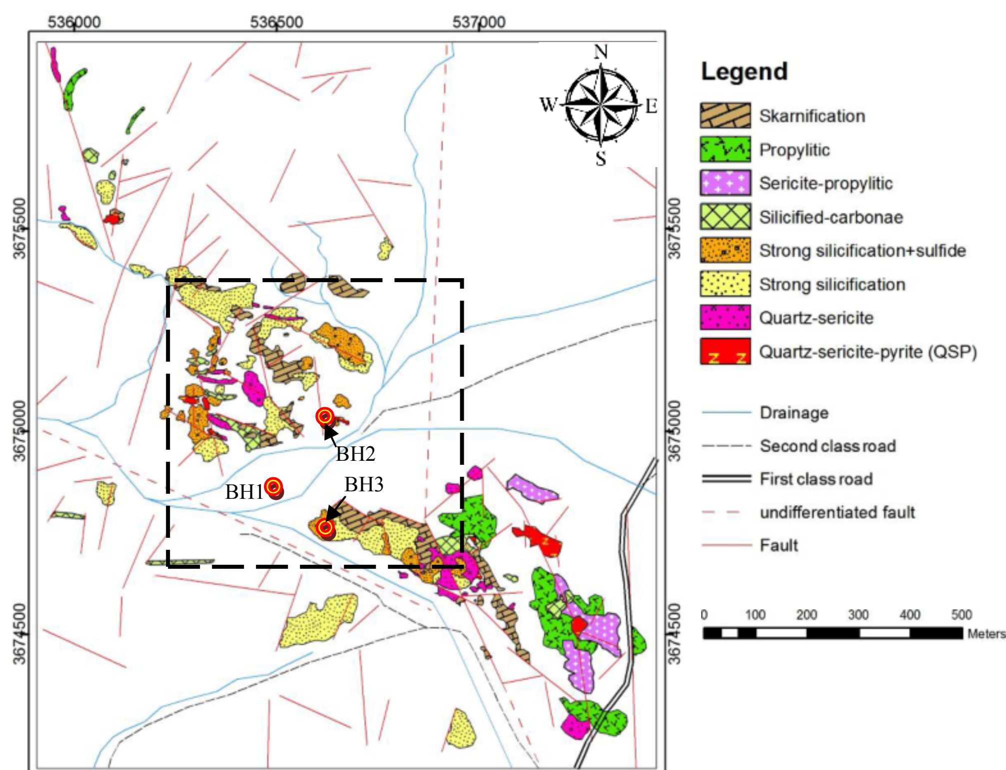
این واحدها شامل آهک‌های دوباره بلوری شده (مرمر)، اسکارن و هورنفلس است. مرمر از نوع کلسیتی بوده و گاهی دارای رگه و رگچه‌های سیلیس به‌همراه اکسید آهن است. بیشترین پراکندگی مرمرها در مرکز و شمال‌غرب منطقه‌ی کانه‌دار است. هورنفلس در جنوب شرق گسترده و در مناطقی که توده‌های نفوذی به درون شیل و ماسه‌سنگ‌ها نفوذ کرده‌اند بیرون زدگی دارد. در هورنفلس‌ها کانی‌سازی پیریت در ابعاد مختلف صورت گرفته است. اسکارن به‌صورت تقریباً خطی با روند شمال‌غربی-جنوب‌شرقی، گسترش نسبتاً زیادی در منطقه دارد. بافت اصلی گرانوبلاستیک بوده و مهمترین کانی‌های تشکیل دهنده‌ی آن گارنت، پیروکسن، اپیدوت، ایدیوکراز، ولاستونیت و مقادیر اندکی سرپانتین است (شکل ۵).

دگرسانی

نفوذ توده‌های نفوذی به درون کربنات‌ها باعث گسترش دگرسانی در منطقه شده است. شدت این دگرسانی‌ها در غرب روستای گزو و درون مربع مشخص شده در شکل ۲ (GA.I) بیشتر است. بر پایه‌ی بررسی‌های صحرایی- آزمایشگاهی، دوگروه دگرسانی در این منطقه شناسایی شده‌اند (شکل ۶). اول، دگرسانی‌های وابسته‌به توده‌های نیمه عمیق منطقه شامل ۱) کوارتز- سرسیت- پیریت (QSP) ۲) کوارتز- سرسیت ۳) سیلیسی- کربنات ۴) سرسیت- پروپیلیتیک ۵) پروپیلیتیک. دوم، تغییرات دگرسانی به‌وجود آمده در سنگ‌های کربناتی مجاور توده‌های نیمه عمیق شامل ۶) دگرسانی سیلیسی و ۷) اسکارنی شدن. (شکل ۶).

دگرسانی کوارتز- سرسیت- پیریت (QSP): بیشترین بیرون زدگی دگرسانی کوارتز- سرسیت- پیریت در غرب و جنوب‌غربی نقشه‌ی دگرسانی واقع شده است و غالباً توده‌های هورنبلند مونزونیت پورفیری و هورنبلند کوارتز مونزونیت را تحت تأثیر قرار داده است (شکل ۶). این دگرسانی در مرکز و شمال‌غرب منطقه‌ی معدنی با توده‌ی هورنبلند مونزونیت پورفیری همراه است. این منطقه در صحرا با رنگ زرد روشن مایل به کمی قهوه‌ای، به‌علت حضور اکسیدهای آهن ثانویه، حاصل از اکسید شدن سولفیدها در سطح زمین، مشخص می‌شود. بخش‌هایی از این دگرسانی شدیداً داربستی و دارای کانه‌زایی پیریت و گاهی کالکوپیریت است. کانی‌های اصلی عبارتند از کوارتز، سرسیت و پیریت‌های اغلب اکسید شده. در حدود ۷۰-۶۰ درصد پلاژیوکلاز به سرسیت تبدیل شده است. کوارتز به‌صورت رگه‌ای همراه، و یا بدون سولفید و نیز در متن سنگ حضور دارد. فراوانی پیریت در بخش‌هایی از این دگرسانی، مخصوصاً در جنوب‌غربی منطقه به ۷-۵ درصد نیز می‌رسد. کربنات و به مقدار کمتر اپیدوت در اطراف برخی از کانی‌های هورنبلند مشاهده شدند.

دگرسانی کوارتز- سرسیت: این فرایند گستردگی بیشتری نسبت به دگرسانی QSP دارد و در جنوب‌شرق، مرکز و شمال‌غرب منطقه معدنی بیرون زدگی داشته و توده‌ی هورنبلند مونزونیت پورفیری و بخش‌هایی از هورنبلند گرانیت را تحت تأثیر قرار داده است. سنگ ظاهری سفید روشن داشته و به‌دلیل فراوانی کوارتز از سختی بالایی برخوردار است. در دگرسانی کوارتز- سرسیت، پلاژیوکلاز از ۴۰ تا ۸۰ درصد سرسیتی شده و کوارتز به‌صورت رگه‌ای و نیز در زمینه به فراوانی یافت می‌شود. کانی کدر و اکسید آهن بسیار کم بوده و اثرهای آن حتی در مقطع به‌ندرت قابل مشاهده است. کانی‌های فرعی کربنات و به‌مقدار کمتر اپیدوت است که در اطراف بقایای کانی‌های هورنبلند وجود دارند. علی‌رغم بالا بودن نسبی تراکم رگچه، تنوع آن‌ها کم بوده و اغلب شامل رگچه‌های کوارتز و کوارتز کربنات است.



شکل۶ منطقه‌های دگرسان موجود در گستره‌ی پی‌جویی گزو.

دگرسانی سیلیسی- کربنات: دارای پراکندگی بالا در منطقه معدنی است و بیرون زدگی‌هایی از آن در جنوب‌شرق، مرکز، غرب و شمال‌غربی دیده می‌شود و غالباً توده‌ی هورنبلند مونزونیت پورفیری و به مقدار کمتر هورنبلند دیوریت پورفیری را تحت تأثیر قرار داده است (شکل ۶). شدت دگرسانی از ۳۵ تا ۶۰ درصد متغیر است. کوارتز در رگچه‌ها و نیز در زمینه و کربنات غالباً در متن سنگ قابل مشاهده است. کلریت به‌مقدار کمتر در اطراف هورنبلند وجود دارد.

دگرسانی سرسیت- پروپیلیتیک: این دگرسانی در جنوب‌شرق منطقه معدنی بیرون زدگی داشته و توده هورنبلند

کوارتز مونزونیت و به‌مقدار کمتر هورنبلند مونزونیت پورفیری را تحت تأثیر قرار داده است. سرسیت و کربنات به‌عنوان کانی‌های اصلی موجود در این بیرون‌زدگی دیده می‌شوند. پلاژیوکلازها ۵۰ تا ۷۰ درصد به سرسیت تبدیل شده‌اند. کربنات و به‌مقدار کمتر کلریت و اپیدوت در زمینه‌ی سنگ، مخصوصاً در اطراف هورنبلند، فراوانند. برخی از فلدسپات‌های قلیایی به کانی‌های رسی تبدیل شده‌اند. پیریت، اغلب به‌صورت اکسید شده و پراکنده دانه در متن سنگ وجود دارد.

دگرسانی پروپیلیتیک: گسترش این دگرسانی در جنوب‌شرق و به‌مقدار کمتر شمال‌شرق منطقه است و توده‌های هورنبلند دیوریت پورفیری و هورنبلند مونزونیت پورفیری را تحت تأثیر قرار داده است (شکل ۶). این منطقه به‌دلیل حضور کانی‌های کلریت و اپیدوت در صحرا با رنگ سبز تا سبز خاکستری شناخته می‌شود. کانی‌های اصلی شامل کلسیت، کلریت، اپیدوت و مگنتیت هستند. بیشتر این کانی‌ها حاصل دگرسان شدن کانی‌های آهن و منیزیم‌دار است.

دگرسانی سیلیسی: که در واحدهای کربناتی مجاور توده‌های نفوذی گسترش زیادی دارد و بر اساس حضور و یا عدم حضور سولفید و اکسیدهای آهن به دو دسته سیلیسی- سولفید شدید و سیلیسی شدید تقسیم می‌شود.

- دگرسانی سیلیسی- سولفید شدید: این دگرسانی به‌دلیل سختی زیاد و شدت حضور اکسیدهای آهن به‌صورت برآمدگی‌های سیاه رنگ در منطقه به‌خوبی قابل شناسایی هستند. شدت سیلیسی شدن در حدود ۸۰-۷۵ درصد است. در این دگرسانی فراوانی اکسیدهای آهن بسیار زیاد بوده و با سولفیدهایی نظیر پیریت و کمی کالکوپیریت همراه است. تراکم

رگه و رگچه بسیار بالاست و سنگ گاهی حالت برشی پیدا کرده است.

- دگرسانی سیلیسی شدید که تقریباً دارای بیشترین گستردگی را در منطقه معدنی است با داشتن رنگ روشن و سختی خیلی زیاد قابل شناسایی است. درجه‌ی سیلیسی شدن در این بخش حدود ۸۵-۷۵ درصد است. تقریباً تمام واحد کربناتی سیلیسی شده و حفرهای به‌وسیله‌ی بلورهای ریز و خودشکل کوارتز پر شده‌اند.

اسکارنی شدن: جای‌گیری توده‌ی نفوذی بین سازند شمشک و شتری باعث اسکارنی شدن سنگ‌های کربناتی شده است. این اسکارن به‌صورت خطی در جنوب‌شرق و نیز بیرون زدگی‌های پراکنده در مرکز منطقه‌ی معدنی قابل مشاهده است. بر اساس شواهد صحرایی و بررسی‌های میکروسکوپی، این اسکارن شامل دو منطقه درون اسکارن (به‌صورت محدود) و برون اسکارن (به صورت‌گسترده) است. کانی‌های اصلی عبارتند از اپیدوت، گارنت، دیوپسید، ولاستونیت و کمی ایدیوکراز. پیریت به صورت پراکنده در متن سنگ وجود دارند.

کانی‌سازی

کانسار مس گزو به‌عنوان اولین کانه‌زایی مس وابسته‌به توده‌های نفوذی در بلوک طبس معرفی‌شده است [۲۳]. در گذشته بررسی‌های متعددی در منطقه‌ای به وسعت ۱ کیلومتر مربع در غرب روستای گزو صورت گرفته است که در همه‌ی آن‌ها نفوذ توده‌های گرانیتی تا گرانودیوریتی به درون دولومیت و آهک سازند شتری، عامل کانی‌سازی مس ذکر شده است [۲۴، ۲۹، ۳۰]. بر اساس بررسی تصاویر ماهواره‌ای و مشاهدات صحرایی و نتایج حاصل از بررسی‌های ژئوشیمیایی، در مساحتی بالغ بر ۷۰ کیلومتر مربع، منطقه‌های کانی‌سازی و دگرسانی حداقل در چهار نقطه GA.I-GA.II-GA.III و GA.IV قابل مشاهده‌اند (شکل۷). در منطقه‌ی GA.IV اثری از توده‌های نفوذی وجود ندارد و شواهد کانی‌سازی و دگرسانی صرفاً در واحد کربناتی مشاهده شد. در این بین، منطقه‌ی GA.I در غرب روستای گزو (شکل‌های ۳ و ۶) دارای بیشترین اثرهای دگرسانی و کانی‌سازی است. حدود ۲۲۰ کار پی‌جویی قدیمی شامل چاه، چاهک، ترانشه و تونل صرفاً در این منطقه وجود دارند. لذا خصوصیات کانی‌سازی و دگرسانی گستره‌ی GA.I را مورد بررسی قرار خواهیم داد.

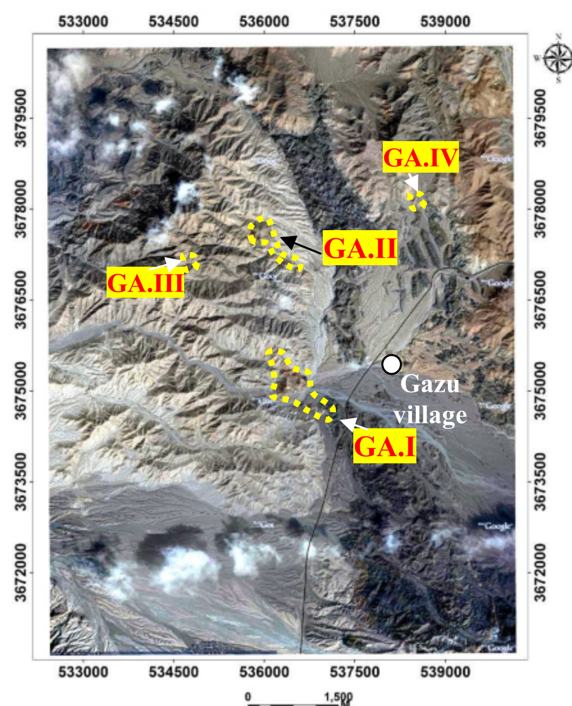
در منطقه‌ی GA.I واحد هورنبلند مونزونیت پورفیری و سنگ‌های کربناتی اطراف آن، اصلی‌ترین واحدهایی هستند که کانی‌سازی در آن‌ها رخ داده است. نفوذ این توده‌ها به درون واحدهای کربناتی و عملکرد شاره‌های ماگمایی درون توده و بخش‌های آهکی مجاور باعث ایجاد کانی‌سازی به‌صورت پورفیری و اسکارن وابسته به آن شده است. وجود مقادیر فراوان پیریت باعث به‌وجود آمدن منطقه گوسان وسیع در این منطقه شده است. بر اساس اطلاعات حفاری مغزه‌گیری شرکت کانیران [۲۵] بخش اکسیدان تا عمق ۳۰ تا ۵۰ متر ادامه دارد که احتمال وجود منطقه غنی‌شده در اعماق را قوت می‌بخشد. کانی‌های ثانویه منطقه عبارتند از مالاکیت، کریزوکلا، آتاکامیت، فیروزه، کوولیت، هماتیت و گوتیت. کانی‌سازی سولفیدی پیریت، کالکوپیریت و اسفالریت به سه صورت افشان، داربستی و برش گرمابی قابل مشاهده است (شکل ۸). کانی‌سازی افشان که اصلی‌ترین نوع کانی‌سازی در منطقه پی جویی گزو محسوب می‌شود، در منطقه‌های دگرسانی کوارتز – سرسیت - پیریت، سرسیت - پروپیلیتیک، سیلیسی- سولفید شدید و اسکارن دیده می‌شود.

کانی‌سازی داربستی در منطقه‌های دگرسان کوارتز- سرسیت- پیریت و سرسیت- پروپیلیتیک قابل مشاهده است.

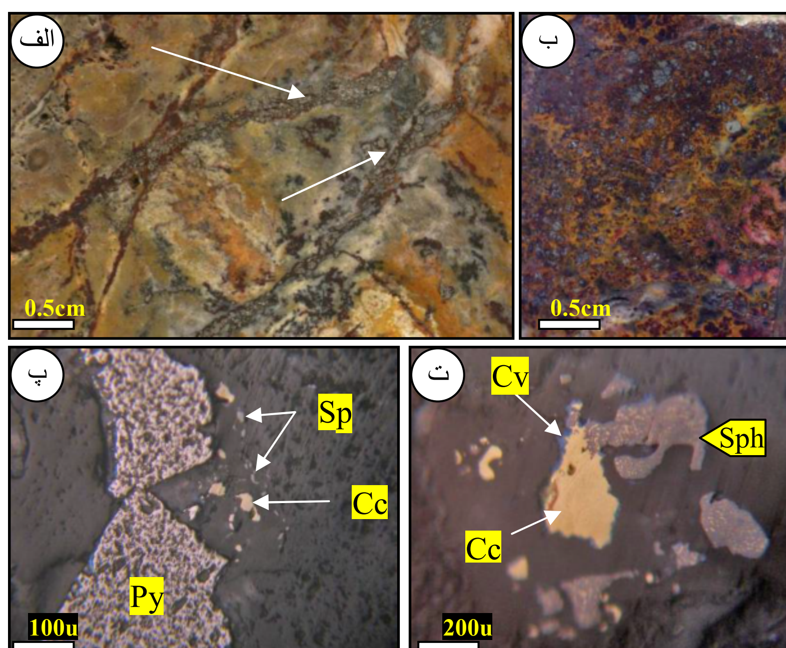
کانی‌سازی پراکنده شامل دانه‌های شکل‌دار، نیمه‌شکل‌دار و بی‌شکل پیریت و به مقدار کمتر کالکوپیریت به اندازه‌ی ۰/۱تا ۲ میلیمتر است. کانی‌سازی سولفیدی در منطقه سیلیسی در حدود ۴-۳ درصد است. این مقدار در منطقه کوارتز- سرسیت - پیریت، ۷-۵ درصد و در بعضی موارد به ۱۰ درصد هم می-رسد. کانی‌سازی داربستی با رگچه‌هایی به ضخامت حداکثر ۲۰ میلیمتر دیده می‌شود. تراکم این رگچه‌ها بین ۵ تا بیشتر از ۴۰ رگچه در متر مربع متغیر است. در منطقه‌های کوارتز- سرسیت - پیریت و سیلیسی-سولفید شدید، به‌عنوان مهم‌ترین منطقه‌های کانی‌سازی، ۵ نوع رگچه مشاهده می‌شود که عبارتند از : ۱) رگچه‌ی کوارتز، ۲) رگچه‌ی پیریت، ۳) رگچه‌ی کوارتز- پیریت، ۴) رگچه‌ی کربنات- سولفید و ۵) رگچه‌ی کوارتز- کربنات- سولفید [۳۱].

نوع دیگر کانی‌سازی به‌صورت برش گرمابی است. این نوع کانی‌سازی گستردگی کمی در منطقه GA.I داشته و محدود به بخش‌های کوچکی از شمال منطقه می‌شود. این در حالی است که گستردگی این کانی‌سازی در منطقه GA.II بیشتر

است. برش‌ها اغلب از دولومیت‌های تبلور دوباره یافته تشکیل شده‌اند. نسبت این قطعات به سیمان سنگ در مناطق مختلف متفاوت بوده و از ۱۵ تا ۸۰ درصد در تغییر است. با توجه به حضور کانی‌های سولفیدی در دو بخش قطعات و زمینه سنگ، کانی‌سازی در دو مرحله‌ی قبل و همزمان با برشی شدن رخ داده است. اکثر این کانی‌ها به اکسیدهای آهن ثانویه تبدیل شده‌اند. اثرهایی از مالاکیت در قطعات و زمینه‌ی سنگ دیده می‌شوند.



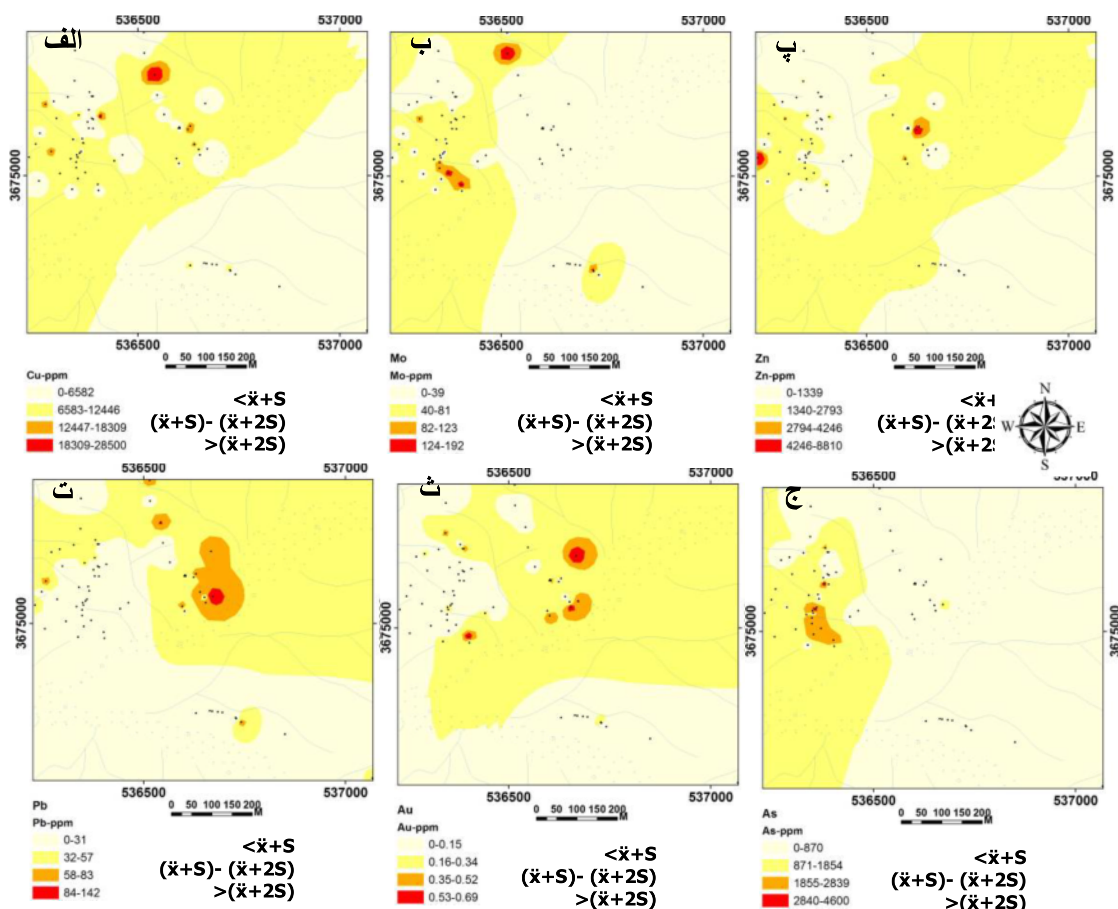
شکل۷ منطقه‌های کانی‌سازی و دگرسان شناسایی شده در چهار نقطه GA.I واقع در غرب ، GA.II و GA.III در شمال‌غرب و GA.IV واقع در شمال روستای گزو.



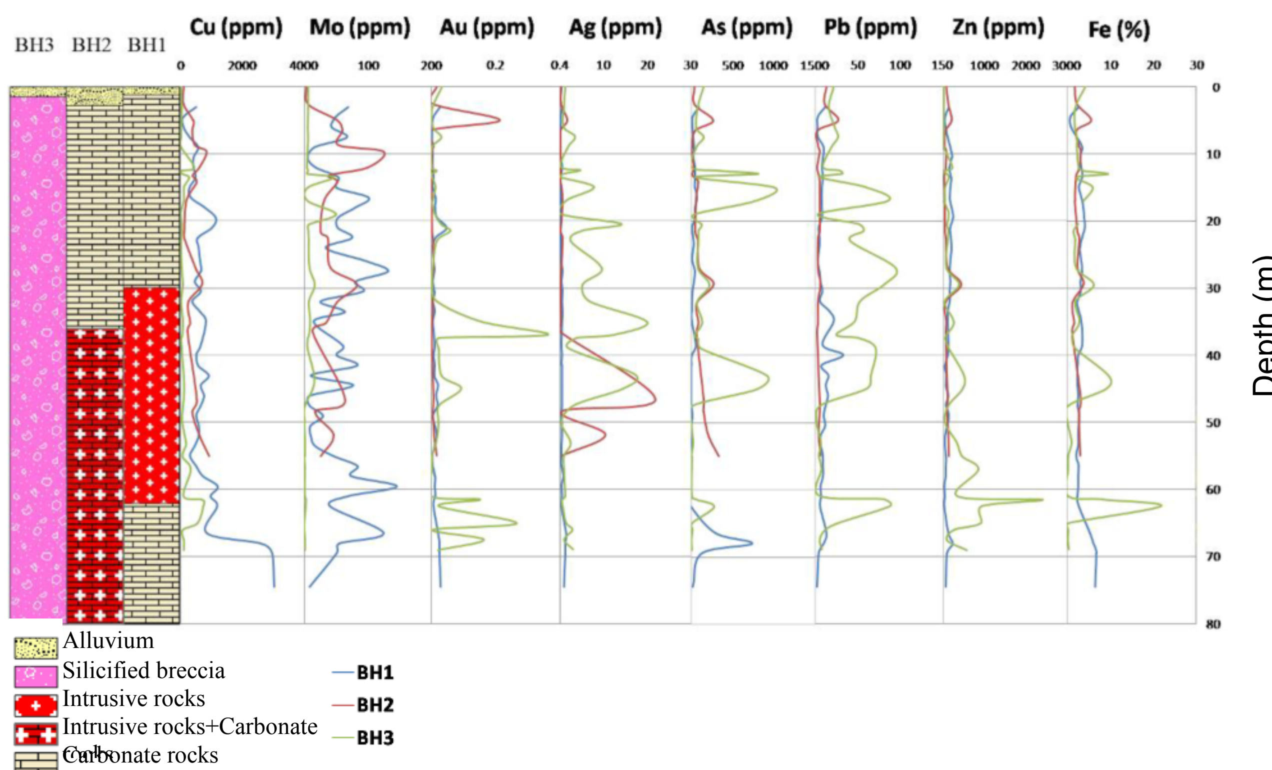
شکل۸ الف) کانی‌سازی رگه‌ای پیریت± کالکوپیریت و ب) پیریت پراکنده‌دانه در کربنات‌های مجاور توده هورنبلند مونزونیت پورفیری. پ و ت) کانی‌سازی پراکنده‌دانه پیریت-کالکوپیریت- اسفالریت در توده‌ی هورنبلند مونزونیت پورفیری.

ژئوشیمی

بر اساس داده‌های ژئوشیمی رسوب‌های آبراهه‌ای ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ چیروک [۳۲] ، تعداد ۴۲ نمونه رسوب آبراهه‌ای در گستره پی‌جویی گزو (به وسعت ۷۰Km^2) برداشت شدند این نمونه‌ها برای بررسی ناهنجاری‌های احتمالی، عناصر مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس نقشه‌های پراکندگی عیاری رسوب‌های آبراهه‌ای عناصر Cu, Mo, As و Zn ، چند بی‌هنجاری مشخص شدند که مهم‌ترین آن به منطقه‌ی GA-I, GA-II وابسته بود. در بی‌هنجاری منطقه GA-I و در گستره‌ای به‌وسعت ۱ کیلومترمربع از بخش‌های با بیشترین میزان دگرسانی (گستره‌ی مشخص شده در شکل۶)، تعداد ۶۹ نمونه سنگی به‌وسیله‌ی شرکت کان‌ایران [۲۵] انتخاب و مورد آنالیز ICP قرار گرفتند. با توجه به نوع کانی‌سازی و شواهد دگرسانی موجود در منطقه و نیز بررسی همبستگی‌ها، عناصر Cu, Mo, As, Au, Pb, Zn از میان داده‌های لیتوژئوشیمیایی انتخاب و پراکندگی عیاری آن‌ها رسم شد (شکل ۹). بر این اساس فراوانی عنصر مس از ۱۹۶ گرم در تن تا ۲٫۸ درصد در تغییر بوده است. بیشترین میزان این عنصر در شمال گستره و همراه با واحد هورنبلندکوارتزدیوریت پورفیری و دگرسانی کوارتز- سرسیت- پیریت است. بیشترین فراوانی عنصر مولیبدن با میزان ۱۹۲ ppm در شمال گستره و در توده‌ی هورنبلند کوارتز دیوریت پورفیری وجود دارد. عنصر سرب با حداکثر فراوانی ۱۴۲ گرم در تن در غرب گستره و همراه با کربنات‌های شدیداً سیلیسی- اکسید آهنی دیده می‌شود. فراوانی روی در کانسار مس گزو از ۵۵ ppm تا ۸۸۱۰ ppm متغیر است و با کربنات‌های شدیداً سیلیسی- اکسید آهنی همراه است. عنصر طلا با حداکثر فراوانی ۰٫۷ ppm در شرق منطقه و همخوان با دگرسانی سیلیسی-اکسید آهنی شدید حضور دارد. فراوانی آرسنیک از ۸ تا ۴۶۹۰ گرم در تن در تغییر بوده و فراوانی آن در نیمه‌ی غربی منطقه بیشتر است. با توجه به این نتایج می‌توان گفت میزان طلا و مخصوصاً آرسنیک در منطقه بالاست.



شکل ۹ نقشه‌ی پراکندگی عیاری درون‌یابی شده نمونه‌های لیتوژئوشیمیایی عناصر الف) Cu ، ب) Mo ، پ) Zn ، ت) Pb ،ث) Au ، ج) As در گستره‌ای به‌وسعت تقریبی ۱ کیلومتر مربع.



شکل ۱۰ نیمرخ ژئوشیمیایی گمانه‌های شماره BH1 ، BH2 و BH3 برای عناصر مس، مولیبدن، طلا، نقره، آرسنیک، سرب ، روی و آهن به‌همراه ستون سنگ‌شناسی آن‌ها.

در کانسار مس گزو چندین حفاری مغزه‌گیری به‌صورت پراکنده صورت گرفته است (مهندسین مشاور کان‌ایران، ۱۳۸۵). از میان چندین نقطه حفاری گمانه‌های شماره BH1 با عمق ۷۴٫۵ متر، BH2 با عمق ۵۴ متر و BH3 با عمق ۷۰٫۵ متردارای داده‌های آنالیزی هستند. موقعیت این گمانه‌ها روی شکل‌های ۳ و ۶ نشان داده شد. از لحاظ سنگ‌شناسی گمانه BH1 تا عمق حدود ۳۰ متر درون واحد کربناتی، از عمق ۳۰ تا ۶۲٫۵ متر درون توده‌ی نفوذی و پس از آن تا عمق ۷۴٫۵ متر درون کربنات حفر شده است. در گمانه BH2 تا عمق ۳۵ متر کربنات و پس از آن تا عمق ۵۴ متر مجموعه خرد شده از توده‌ی نفوذی به‌همراه کمی سنگ کربناتی قابل مشاهده‌اند. گمانه BH3 به‌طور کامل درون واحد کربناتی شدیداً سیلیسی حفر شده است. نتایج حاصل از بررسی ژئوشیمیایی نمونه‌های برداشت شده از این سه گمانه به‌همراه ستون خلاصه شده سنگ‌شناسی آن‌ها در شکل ۱۰ نشان داده شده‌اند. بیشترین میزان مس در گمانه BH1 با حداکثر مقدار ۳۰۴۰ ppm و در عمق ۷۵ متری همراه با کربنات‌های سیلیسی شده مجاور توده‌ی نفوذی مشاهده شد.

مولیبدن از ۰٫۲ ppm تا ۱۴۶ ppm متغیر بوده و به‌طور کلی فراوانی آن در گمانه‌ی BH1 و در کربنات‌های دگرسان مجاور توده‌ی نفوذی بیشتر است. عناصر طلا با حداکثر مقدار ppm ۰٫۳۶، آرسنیک با حداکثر مقدار ۱۰۲۰ ppm و سرب با حداکثر مقدار ppm ۹۴ در گمانه‌ی BH3 و همراه با دگرسانی سیلیسی- اکسید آهنی شدید وجود دارد. عنصر نقره با حداکثر مقدار ۲۲ ppm در عمق ۵۰- ۴۰ متری گمانه‌ی BH2 مشاهده شد. با این حال میانگین فراوانی آن در گمانه‌ی BH3 بیشتر است. بیشترین مقدار عنصر روی در عمق ۶۵-۵۵ متری گمانه BH3 و به‌میزان ۲۴۱۰ ppm مشاهده شد. به‌طور کلی نیمرخ‌های ژئوشیمیایی رسم شده‌ی عناصر مس، مولیبدن، طلا، نقره، آرسنیک، سرب، روی و آهن نشان می‌دهند که فراوانی عناصر مس و مولیبدن در گمانه‌های BH1 و BH2 که درون توده‌ی نفوذی و یا در نزدیک آن حفر شده بیشتر است (شکل ۱۰). همچنین میزان عناصر مس و مولیبدن به‌طور نسبی با افزایش عمق بیشتر می‌شود. به نحوی که بیشترین میزان این عناصر در عمیق‌ترین بخش این گمانه‌ها قابل مشاهده است. در گمانه‌ی BH1 فراوانی عناصر مس، مولیبدن، طلا، آرسنیک،

آهن و به مقدار کمتر سرب و روی، در مرز پایینی توده‌ی نفوذی و واحد کربناته افزایش نشان می‌دهد. فراوانی عناصر آرسنیک، طلا، سرب و روی در گمانه BH3 بیشتر از دو گمانه دیگر است. در این گمانه دو گستره با عمق ۳۰ تا ۴۸ متر و ۶۲ تا ۶۸ متر دارای بیشترین فراوانی عناصر فوق‌الذکرند.

نتیجه

منطقه کانه‌دار گزو، به‌دلیل همراهی با توده‌های نفوذی نیمه عمیق حدواسط تا اسیدی، غالباً با ترکیب مونزونیت تا دیوریت از شرایط منحصر به فردی برخوردار است. به‌نحوی که حضور چنین سنگ‌هایی در بخش دیگری از بلوک طبس گزارش نشده است. این توده‌ها در مقیاس ناحیه‌ای در راستای گسل با راستای تقریباً شمال- جنوب و در وسعتی در حدود ۷۰ کیلومتر مربع به‌صورت توده‌ای، دایک و سیل بیرون زدگی پیدا کرده‌اند. بررسی‌های ژئوشیمیایی، برداشت‌های صحرایی و بررسی دگرسانی نشان‌دهنده‌ی حضور چند منطقه مستعد کانه‌زایی به‌ویژه در بخش GA.I و GA.II است. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته و با توجه به شواهد ذیل، کانه‌زایی در کانسار گزو از نوع پورفیری و اسکارن وابسته‌به آن است: ۱- ارتباط کانی‌سازی با توده‌های نیمه عمیق حدواسط پورفیری در حد مونزونیت تا دیوریت. ۲- دگرسانی وسیع منطقه که رابطه‌ی تنگاتنگی با توده‌های نفوذی دارد و شامل منطقه‌های دگرسان کوارتز- سرسیت- پیریت (QSP)، کوارتز- سرسیت، سیلیسی- کربنات، سرسیت- پروپیلیتیک و پروپیلیتیک است ۳- کانی‌سازی منطقه به شکل‌های داربستی، پراکنده و برش گرمابی. ۴- مجموعه کانیایی درونزاد که شامل پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت و مگنتیت است. ۵- بی‌هنجاری بالای مس. ۶- وجود شواهد دگرگونی مجاورتی در همبری با توده‌های نفوذی و تشکیل کانی‌های آهکی سیلیکاتی و اسکارن و نیز کانه‌زایی سولفیدی مانند پیریت- کالکوپیریت و اکسیدی مانند مالاکیت، آزوریت، کوپریت و ... در درون آن‌ها.

مراجع

[1] Mitchell A.H., Garson M.S., *"Relationship of porphyry copper and circum- Pacific tin deposits to palaeo-Benioff zones",* Transaction of Institute of Mining and Metallurgy 81: (1972),B10-25.
[2] Sillitoe R.H, *"Epochs of intrusion-related copper mineralization in the Andes"*, Journal of South American Earth Sciences 1: (1988) 89–108.
[3] Cooke D.R., Hollings P., Walshe J.L, *"Giant porphyry deposits: characteristics, distribution and tectonic controls",* ECONOMIC GEOLOGY 100: (2005) 801-818.
[4] Zengqian H., Hongwen M., Zaw K., Yuquan Z., Mingjie W., Zeng W., Guitang P., Renli T, *"The Himalayan Yulong porphyry copper belt: product of large scale strike-slip faulting in eastern Tibet",* ECONOMIC GEOLOGY 98: (2003) 125-145.
[5] Hou Z.Q., Gao Y.F., Qu X.M., Rui Z.Y., *"Origin of adakitic intrusives generated during mid-Miocene E-W extension in southern Tibet",* Earth and Planetary Science Letters 220: (2004) 139-155.
[6] Wang Q, Xu J.F, Jian P., Bao Z.W., Zhao Z.H., Li C.F., Xiong X.L., Ma J. L, *"Petrogenesis of adakitic porphyries in an extensional tectonic setting, Dexing, South China",* implications for the genesis of porphyry copper mineralization. Journal of Petrology 47:(2006b)119–144.
[7] Shafiei B., Haschke M., Shahabpour M., *"Recycling of orogenic arc crust triggers porphyry Cu mineralization in Kerman Cenozoic arc rocks, southeastern Iran",* Mineral.Deposita, 44,(2009) pp. 265
[8] Ishizuka O., Yuasa M., Uto K., *"Evidence of porphyry-type hydrothermal activity from a submerged remanant back-arc volcano of the Izu-Bonin arc implications for the volcanotectonic history of back-arc seamounts",* Earth and Planetary Sciences Letters 198: (2002) 381-399.
[9] Richards J., *"Tectono-magmatic precursors for porphyry Cu-(Mo-Au) deposit formation",* ECONOMIC GEOLOGY, v. 98, (2003) p. 1515−1533.
[10] Singer D. A., Berger V. I., Moring B. C., *"Porphyry copper deposits of the world",* Database and grade and tonnage models, U.S. Geological Survey Open-File Report 2008, (2008) 1150−1155.
[11] Sillitoe R. H., *"Porphyry copper systems",* Economic geology 105, (2010) 3-41.
[12] Laznicka P., *"Giant metallic deposits: Future Sources of Industrial Metals",* Springer (2006) 736 pp.
[13] Waterman G.C., Hamilton R.L., *"The Sar-Cheshmeh porphyry copper deposit",* Econ. Geol., 70 (1975), pp. 568–576
[14] Shahabpour J., *"Aspects of Alteration and Mineralization at the Sar-Cheshmeh Copper–Molybdenum Deposit, Kerman, Iran",* PhD Thesis, Leeds University, (1982) 342 p.

[15] Boomeri M., Nakashima K, Lentz D., *“Miduk porphyry Cu deposit, Kerman, Iran: geochemical analysis of the potassic zone including halogen element systematic related to Cu mineralization processes”,* Journal of Geochemical Exploration Volume 103, Issue 1, (2009) Pages17–29

[16] Haroni H.A., *“Preliminary Exploration at Dalli Porphyry Cu-Prospect, Central Province of Iran”,* DORSA Engineering Limited, (2005) pp 22

[17] Hezarkhani A, Williams A., *“Controls of alteration and mineralization in the Sungun porphyry copper deposit, Iran”*, evidence from fluid inclusion and stable isotopes. Econ Geol 93: (1998) 651

[۱۸] ملک‌زاده شفارودی آ.، *"زمین‌شناسی، کانی‌سازی، آلتراسیون، ژئوشیمی، تفسیر داده‌های ژئوفیزیکی، میکرو ترمومتری، مطالعات ایزوتوپی و تعیین منشا کانی‌سازی مناطق اکتشافی ماهرآباد و خوپیک"*، استان خراسان جنوبی. رساله دکتری (Ph.D)، (۱۳۸۸).

[۱۹] کریم‌پور م.ح.، *"زون‌های آلتراسیون کوارتز حفره‌دار و کوارتز- آلونیت (سولفید زیاد) بخش فوقانی سیستم مس پورفیری منطقه چاه شلغمی، جنوب بیرجند"*، سیزدهمین همایش بلورشناسی و کانی شناسی ایران، دانشگاه شهید باهنر کرمان، (۱۳۸۴) ص ۷-۱۱.

[۲۰] ارجمندزاده ر.، *"مطالعات کانی‌سازی، ژئوشیمی و تعیین جایگاه تکتونیکی اندیس‌های معدنی ده‌سلم و چاشلغمی در بلوک لوت، شرق ایران"*، رساله دکتری (PHD)، زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد، (۱۳۹۰).

[۲۱] آقانباتی ع.، *"زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور"*، (۱۳۸۳).

[۲۲] قاسمی م.، قرشی م.، نواب‌پور پ.، فریدی م.، رضاییان م.، *"بررسی زمین ساخت و لرزه زمین ساخت بلوک طبس"*، (۱۳۸۱).

[23] Bazin D., Hubner H., *“Copper deposits in Iran, Geol. survey Iran”,* Rep.No.13, (1969) pp. 232.

[24] Tarkian M., *“An upper cretaceous copper mineralization of porphyry type at Gazu, East Iran”,* N.Jb .Miner (1982)

[۲۵] گزارش اکتشاف مقدماتی و نیمه تفصیلی کانسار مس گزو، مهندسین مشاور کان‌ایران، صنایع و معادن استان یزد (۱۳۸۵).

[۲۶] اشتوکلین ج.، نبوی م.ح.، *"نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ بشرویه"*، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی (۱۳۴۸).

[27] Ishihara S., *“the granitoid series & mineralization”*, Economic Geology 75 Anniv (1981), 458-484.

[۲۸] درویش‌زاده ع.، *"زمین‌شناسی ایران"*، موسسه انتشارات امیرکبیر، (۱۳۸۰)، ۹۰۱ صفحه.

[29] Tarkian M., Lotfi M., *”copper deposits connected with non-ophiolitic volcanic rock series in central Lut”*, (1979)

[30] Tarkian M., Lotfi M., Baumann A., *“Tectonic, magmatism and formation of mineral deposits in the central Lut, East Iran”,* Geodynamic project (Geotraverse) in Iran, Report No. 51, (1983)

[۳۱] حافظ دربانی م.، *"زمین‌شناسی، کانی‌سازی و ژئوشیمی کانسار مس گزو، جنوب‌شرق طبس"*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد (۱۳۹۰).

[۳۲] گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰چیروک: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات مواد معدنی (۱۳۸۳).